Opaque-2 及 floury-2 基因對玉米粒重之影響[1]

萬　雄　　王　光[2]

一、引　言

玉米爲臺灣的主要飼料作物，由於其蛋白質含量及蛋白質中主要胺基酸 (basic amino acid) 如離胺酸 (lysine) 色胺酸 (tryptophan) 等含量不高，因此對單胃動物營養價值亦低。Mertz 等 (1964) 及 Nelson 等 (1965) 分別發現玉米中兩個突變基因 opaque-2 及 floury-2 能提高玉米蛋白質中離胺酸及色胺酸的含量。根據對老鼠 (Mertz 等，1965)，豬 (Beeson 等，1966) 及兒童與成人 (Breessani, 1966；Clark 等，1967) 等營養價值的試驗結果，證明這兩種高離胺酸玉米，對單胃動物而言，營養價值提高，因此世界各地育種者開始對玉米蛋白質進行品質的改進。

不過，在高離胺酸玉米的育種過程中，育種者遭遇了一些問題，其中重要的是 opaque-2 及 floury-2 基因對產量的降低。Alexander 等 (1966)，Lambert等 (1969)，Sreemulu 等 (1970) 及Salamini 等 (1970) 的研究，證實 opaque-2 基因能使玉米產量減低。

Floury-2 基因也很可能有同樣影響 (Alexander, 1969)。本試驗乃就臺灣育成的 opaque-2 及floury-2 玉米材料中，研究這兩個基因對粒重的影響，同時對這些育種材料，在應用上作一初步評估。本研究包括下列三個部份：(1) opaque-2 及 floury-2 基因對玉米自交系果穗上粒重之影響；(2) opaque-2 基因對玉米單交果穗上粒重之影響；(3) opaque-2 及 floury-2 自交系單交的成績。

二、材料與方法

本試驗所用的材料乃由美國伊利諾大學引入之 opaque-2 和 floury-2 原種，利用回交方法將 opaque-2 及 floury-2 基因轉移於來源及遺傳背景不同的 15 個抗露菌病的自交系，以育成抗病的 opaque-2 及 floury-2 優良自交系及雜交品種。本試驗所用15個自交系如下：

自　交　系	系　統　代　號 *	
	opaque-2 部份	floury-2 部份
Ph 9	3601	3701
Ph 9 DMR	3602	3702
A 117	3603	3703
TW 79	3604	3704
Ph 7	3605	3705
A 206	3606	3706
EG 203	3607	3707
EG 200	3608	3708

1.試驗報告農試字第564號。本報告爲第二作者國立臺灣大學農藝系碩士論文之一部份。承農業研究中心及中正科學技術基金會補助研究經費，謹此致謝。
2.前國立臺灣大學農藝系教授及研究生，現任臺灣省農業試驗所所長及研究助理。

PF 141	3609	3709
PF 139	3610	3710
2015-7	3611	3711
2027-3-5	3612	3712
2027-4-2	3613	3713
2039-2-2-7	3614	3714
Bap-Lon (Quang- tri)10-2	3615	3715

* 第一位數"3"代表回交 3 次；第二位數"6"代表 o_2，"7"代表 fl_2 ；最後兩位數爲自交系代號。

(一) Opaque-2 及 floury-2 基因對玉米自交系分離果穗上粒重的影響

本試驗所用之自交系乃爲1970年春作的 BC_3S_2 及 BC_2S_1。就分離果穗脫粒後，將不透明(opaque)與透明 (transluscent) 種子分開，每種逢機選取 20 粒，分別稱重，比較其差異。本試驗計調查14個自交系 (inbred) ，40個系統 (line) ，142 個分離果穗 (segregating ear) 〔所用材料詳見結果部份〕。

Floury-2 部份以 1969 年春作收穫的 BC_3 世代分離果穗爲材料，方法和 opaque-2 部份相同。計調查15個自交系，58個系統，317個分離果穗〔詳見結果部份〕。

(二) Opaque-2 基因對玉米單交果穗上粒重之影響

本試驗乃以 BC_3S_3 世代純接合 (homozygous) 的 o_2 自交系進行單交，而在 F_1 植株上授以 O_2 及 o_2 花粉，以比較 F_1 果穗上透明（普通）與不透明子粒重量的差異。因爲玉米胚乳因子型 O_2 o_2 o_2 爲透明 (transluscent) ，而 $o_2o_2o_2$ 爲不透明 (opaque) ，可予區別。父本則爲 BC_3S_2 的 3612 品系，o_2 基因爲異接合之植株。收穫後選取不透明與透明子粒分離爲 1：1 之果穗，脫粒後將兩者分開；逢機選取種子 100 粒稱重而比較之。因爲兩個 opaque-2 自交系單交所得的 F_1，其因子型仍爲 o_2 o_2 ；而 O_2 及 o_2 花粉則來自同一植株。由於同一單交果穗上的子粒，其遺傳背景 (genetic background) 應該相同，至少非常接近，是以粒重的差異應爲 o_2 基因的影響。本試驗包括14個交配組合（見結果部份）。田間採用完全逢機排列，行長 6 公尺，行、株距 100×30公分，雙行區，每行種20株，無重複。

(三) Opaque-2 及 floury-2 自交系單交成績

單交乃以 BC_3S_3 世代的 o_2 及 fl_2 純接合自交系進行全互交。雜交種子收穫後，加入對照品種進行產量比較，除產量外，並調查農藝性狀，決定最佳單交組合。

Opaque-2 部份計有 6 個自交系，15個可能雜交組合（無反交與親本），另加一個普通 (transluscent) 而高產的推廣品種臺南五號作對照，共 16種，採用逢機完全區組設計，單行區，行長 6 公尺，行、株距70×30公分，每行種20株，重複四次〔交配組合見結果部份〕。

Floury-2 部份計有 7 個自交系，21個可能交配組合，另加一品種作對照，共22個。採用逢機完全區組設計，單行區，行長 6 公尺，行、株距70×30公分，每行種20株，重複四次。

本試驗於 1971 年春作進行，爲避免 opaque-2 部份和 floury-2 部份彼此雜交，兩部份各別種植於隔離田中。肥料用量與田間管理和普通玉米栽培法相同。因爲對照品種臺南五號爲普通玉米，而 opaque-2 及 floury-2 基因皆爲隱性，故抽穗時將臺南五號去頂以防混雜。 floury-2 單交產量比

較試驗，因地力不均，第四重複種子發芽不良，植株發育欠佳，予以捨棄，而僅有三個重複。收穫時調查八種性狀：收穫日數、株高、果穗高度、果穗長、果穗圓周長、一穗種子數、百粒重及小區產量。農藝性狀爲每小區調查10株的平均數，小區產量則爲水份含量15.5%時20株的子粒重量。

三、結果與討論

(一) Opaque-2 及 floury-2 基因對玉米自交系分離果穗上粒重的影響

1.Opaque-2 基因對粒重的影響

自交系果穗較小，種子亦少，故每果穗僅各別取透明及不透明種子20粒之重量比較之。因爲 o_2 自交系分離果穗上，普通種子胚乳因子型有 $O_2O_2O_2$、$O_2O_2o_2$ 及 $O_2o_2o_2$ 三種，不能區別；不透明種子胚乳因子型爲 $o_2o_2o_2$，約爲四分之一（3：1分離），故不透明和透明種粒重量比較，係指普通子粒 (O_2--) 和 opaque-2 子粒 ($o_2o_2o_2$) 之比較；差異以普通子粒重量的百分率表示之（表1）。

表 1. Opaque-2 基因對玉米自交系分離果穗上粒重之影響 (1970春作)

Table 1: Effect of o_2 gene on kernel weight of segregating ears of maize inbreds ($o_2o_2o_2$ vs. O_2--)

自交系 inbred	系統數 No. of line	果穗數 No. of ear	減少重量* % Reduction	變域 Range (%)
2603 BC_2S_1	4	10	8.94	1.38—23.85
2604 BC_2S_1	2	6	6.35	0—14.20
2605 BC_2S_1	2	13	6.29	0—18.85
2606 BC_2S_1	4	9	10.52	2.41—23.25
2607 BC_2S_1	3	13	6.77	1.82—12.79
2609 BC_2S_1	3	12	16.30	8.03—29.70
2610 BC_2S_1	4	15	8.93	2.01—25.21
3601 BC_3S_2	1	4	9.85	2.33—23.34
3602 BC_3S_2	2	6	9.68	4.46—19.68
3608 BC_3S_2	3	9	13.70	10.00—21.48
3611 BC_3S_2	3	9	3.18	0.42—5.44
3612 BC_3S_2	4	15	5.31	0—15.11
3613 BC_3S_2	2	11	5.08	0—18.18
3614 BC_3S_2	3	10	10.20	5.77—16.91
總計 Total	40	142	8.65	

* 與普通子粒比較粒重減輕百分率

由表1知，在14個自交系，40個系統，142 個分離果穗上，不透明種子較普通種子的重量平均約減低8.65%。不同自交系間有很大的差異，其中系統2609的 o_2 粒重降低16.30%爲最多；系統3608減低13.70%次之；而系統3611只減低3.18%。同一系統內不同果穗間也有差異（表2）。

表 2. Opaque-2 玉米不透明 ($o_2o_2o_2$) 與普通 (O_2--) 子粒重量差異之變方分析*

Table 2: Mean squares of difference in kernel weight between opaque and normal kernels of maize

變因 Source of Variation	自由度 (d.f.)		均方 (Mean squares)	
	BC_2S_1	BC_3S_2	BC_2S_1	BC_3S_2
自交系 (Inbred)	6	6	7,700.14	5,280.49
系統間 (Line)	14	10	5,076.27	7,332.95
系統內 (Within line)	67	55	286.77	35.73
總和	87	71	13,063.18	12,649.17

* 百分率資料經 Log 轉化乘100分析之

表2顯示，BC_2S_1 的 o_2 粒重減低，在不同自交系間有很大的差異，且較自交系內不同系統間的差異爲大，而同一系統內不同果穗的變異最小。BC_3S_2 的 o_2 粒重減低的變異與 BC_2 S_1 稍有不同，自交系均方較系統間均方略小，表示自交代數越多，使同一自交系內不同的系統，因 opaque-2 基因而減輕的重量發生更大的變異。基於此一調查結果，可知不同自交系 o_2 粒重減輕程度固有差別，而同一自交系回交後代的分離系統，o_2 粒重的減輕也具有差別，故選拔系統時，應特別注意粒重減輕較少的系統。

此一結果和 Alexander 等 (1966) 所得者相符，他們在 BC_2 及 BC_3 的分離果穗上，發現大部分不透明種子比普通種子爲輕。在 O7N 自交系中，不透明的粒重僅有普通玉米的72%，不過在 R803 的後代，則 o_2 粒重和普通粒重幾乎相等。

2. Floury-2 基因對粒重的影響

Floury-2 基因對玉米自交系果穗上粒重的影響，調查結果如表 3：

表 3. Floury-2 基因對玉米自交系分離果穗上粒重之影響 (1969春作)

Table 3: Effect of fl_2 gene on kernel weight of segregating ears of maize inbreds ($Fl_2fl_2fl_2$ vs $Fl_2Fl_2Fl_2$)

自交系 inbred	系統數 No. of line	果穗數 No. of ear	減少重量* % Reduction	變域** Range (%)
3701 BC_3	3	18	9.65	2.8 —22.60
3702 BC_3	5	29	8.23	0.69—12.35
3703 BC_3	3	13	4.15	+1.48—12.34
3704 BC_3	5	20	6.47	0.62—13.85
3705 BC_3	6	27	7.03	1.61—26.43
3706 BC_3	2	7	3.72	0.82— 8.02
3707 BC_3	3	19	5.89	0—12.38
3708 BC_3	6	32	11.27	0—24.14
3709 BC_3	4	22	8.27	0—15.66

3710 BC_3	3	19	5.66	2.80— 9.85
3711 BC_3	3	21	4.76	0—10.69
3712 BC_3	5	30	5.57	0.67—17.20
3713 BC_3	3	17	4.51	0— 2.33
3714 BC_3	1	7	1.71	+ 2.7— 6.40
3715 BC_3	6	36	7.29	0.10—13.11
總　計 Total	58	317	6.28	

* 與普通 ($Fl_2Fl_2Fl_2$) 種子比較重量減輕百分率

** "+"表示不透明子粒較普通子粒爲重。

在 BC_3 世代中，不透明胚乳（因子型爲 $Fl_2fl_2fl_2$）與普通胚乳（$Fl_2Fl_2Fl_2$）兩者分離比爲1：1。根據表3結果，fl_2 基因對子粒重量亦有減輕的影響，比普通子粒平均減輕6.28%；不同自交系間粒重減輕的差異很大，其中3708自交系減低最多，爲11.27%；3701自交系減低 9.65%次之，而以3714自交系爲最小，僅爲1.71%；同一自交系各系統間差異也很明顯，有和普通子粒重量相同的系統，亦有重量減輕很多的系統。例如3708自交系各系統中，其變域爲0～24.14%，3709自交系各系統間變域爲0～15.66%。其變方分析結果示如表4：

表 4. Floury-2玉米不透明（$Fl_2fl_2fl_2$）與普通（$Fl_2Fl_2Fl_2$）子粒重量差異之變方分析*

Table 4: Mean squares of difference in kernel weight between floury and normal kernels (BC_3 data)

變因 Source of variation	自由度 (d. f.)	均方 (Mean squares)
自交系 (Inbred)	14	1,194.44
系統間 (Line)	43	5,819.66
系統內 (Within line)	259	159.96

* 百分率資料經 Log 轉化乘100分析之

表4顯示自交系間變異不如系統間的變異爲大，這與 o_2 基因對粒重減輕的變異情形相似。所不同者，若干系統的 floury 粒重並不比普通子粒爲輕，此一現象爲 opaque-2 的各系統中所未見。

Floury-2 基因對粒重的影響，因無前人報告，因此無法比較。不過在本試驗中，o_2 對粒重的影響是以 $o_2o_2o_2$ 與 O_2-- 比較；而 floury-2 則以 $Fl_2fl_2fl_2$與 $Fl_2Fl_2Fl_2$ 比較；都未能獲得 $O_2O_2O_2$ 對 $o_2o_2o_2$ 及 $fl_2fl_2fl_2$ 對 $Fl_2Fl_2Fl_2$ 胚乳因子型的比較，而假定 $O_2O_2O_2$, $O_2O_2o_2$ 與 $O_2o_2o_2$ 胚乳因子型間，$Fl_2Fl_2Fl_2$ 與 $Fl_2Fl_2fl_2$ 以及 $Fl_2fl_2fl_2$ 與 $fl_2fl_2fl_2$ 間重量並無差別。

根據 o_2 和 fl_2 兩基因對粒重的影響，吾人可獲得的結論：在各自交系回交後代的分離系統間，粒重減輕的差異甚大，而變異越大，則選拔效果也越大（8）；故在 o_2 及 fl_2 的材料中選拔高產的分離系統頗有希望。當然所選系統的組合力亦需良好，然後生產的雜種始能有良好表現。Alexander (1966), Lambert (1969), Salamini (1970) 等對這方面也表示相同的意見。

（二）Opaque-2 基因對單交果穗上粒重之影響

Opaque-2 基因對單交果穗上子粒重量之影響，調查結果如表5.

表 5. Opaque-2 基因對玉米單交果穗上粒重之影響（1971春作）

Table 5: Effect of o_2 gene on kernel weight of single cross maize ear ($O_2o_2o_2$ vs. $o_2o_2o_2$)

交配組合 Cross combination	果穗數 No. of ear	正常粒重百分率 %Normal kernel wt.
3602 × 3610	10	100.95
3604 × 3602	4	99.88
3610 × 3604	3	102.18
3610 × 3606	8	94.77
3611 × 3610	7	101.77
3611 × 3612	4	91.94
3612 × 3602	7	102.51
3612 × 3604	13	99.34
3614 × 3604	10	98.09
3614 × 3610	5	101.82
3615 × 3604	7	103.88
3615 × 3606	2	94.46
3615 × 3608	6	92.82
3615 × 3612	11	100.02
總計 Total	97	98.88

o_2 單交植株果穗上，授以 O_2 及 o_2 花粉所產生的普通（transluscent）種子胚乳，其因子型爲 $O_2o_2o_2$ ，而不透明種子爲 $o_2o_2o_2$ 。由表 5 顯示， o_2 基因在單交果穗上對於粒重之影響不如對自交系之粒重爲大。各單交的平均，不透明種子的百粒重量爲普通種子的 98.88%；兩者幾乎相等，此可能爲母體遺傳組成相同，花粉影響較小之故。不同交配組合粒重減輕的差異則較大，在14個交配組合中，有 7 個單交的不透明種子較普通子粒稍重，其他 7 個則較輕，其中以3611×3612降低最多，只有正常的91.94%。

Lambert 與 Alexander (1969) 利用 opaque-2 同一個分離果穗上不透明和普通種子長出的植株和一單交作三系雜交（three way cross），藉以比較 opaque-2 和普通玉米在同一遺傳背景下對產量的影響，結果發現在 8 個雜種中，有 2 個比相對的普通玉米產量顯著地增加。Sreemulu 及 Bauman (1970 b) 進行 opaque-2 玉米品系間的全互交分析，他們利用 opaque-2 玉米單交植株，授以不同來源的 O_2 和 o_2 花粉，而比較及分析產量及產量構成因素。結果發現胚乳因子型 $o_2o_2o_2$ 的不透明種子比胚乳因子型 $O_2o_2o_2$ 的普通種子，其百粒重減輕11%，似與本試驗結果不盡相同，不過他們所用的 O_2 及 o_2 花粉來源不同。據同一作者（Sreemulu 及 Bauman, 1970 a）報告，外來花粉（foreign pollen）會比 Sib 的花粉能使 opaque-2 或 floury-2 玉米子粒造成重量上的差異。同時材料不同，子粒重量減輕的比率也可能發生差異，此或爲與本試驗結果不同的主要原因。

（三）Opaque-2 和 floury-2 玉米單交成績

1. Opaque-2 自交系單交成績

Opaque-2 自交系的單交成績如表 6 。在15個單交間，產量及各農藝性狀均有顯著差異。就產量而言，有 2 個較對照的普通品種臺南五號之產量爲高；另有 4 個和臺南五號相似，若干單交之產量只有臺南五號的一半。

表 6. 十五個 opaque-2 單交玉米的農藝性狀* (1971春作)
Table 6: The agronomic characters of 15 single crosses of opaque-2 corn

交配組合 Cross Combination	成熟期 Days to maturity	株高 Pl. height (cm)	果穗高 Ear height (cm)	果穗長 Ear length (cm)	果穗圓周長 Ear circumference (cm)	種子數 No. of grain/Ear	百粒重** 100 seed wt (gm)	小區產量** Yield/plot 產量 Yield (gm)	小區產量** Yield/plot 指數 % CK.
3602×3604	101.5	190.0	89.3	16.4	12.8	430.8	31.58	2,735.7	92.31
3602×3606	99.8	206.8	104.2	18.2	12.5	355.3	37.87	2,672.5	90.38
3602×3610	91.5	174.3	71.5	15.0	12.7	416.5	35.22	2,892.5	97.60
3602×3612	101.0	178.6	74.6	17.0	13.0	405.0	36.39	2,962.3	99.96
3602×3614	94.8	190.4	87.0	17.4	13.2	483.3	34.01	3,213.8	108.45
3604×3606	91.3	178.3	75.5	15.0	12.9	370.5	30.94	2,139.2	72.18
3604×3610	94.5	130.6	58.5	12.2	12.1	295.0	27.59	1,627.2	54.91
3604×3612	92.0	156.5	72.3	13.7	12.9	377.0	31.45	2,302.0	77.68
3604×3614	96.0	187.9	111.4	13.4	12.3	551.0	25.54	2,800.7	94.51
3606×3610	95.8	188.0	84.5	13.4	13.1	449.3	32.10	2,889.7	97.51
3606×3612	93.3	183.5	75.8	14.8	12.7	407.8	31.41	2,521.1	85.07
3606×3614	101.5	204.0	109.0	15.1	13.4	436.8	33.39	2,921.3	98.58
3610×3612	99.5	117.8	48.3	10.7	11.2	246.0	28.83	1,429.5	48.24
3610×3614	96.5	158.5	74.4	14.3	13.1	421.3	29.08	2,418.9	81.62
3612×3614	101.5	178.5	77.8	16.4	13.7	517.0	31.87	3,260.5	110.02
臺南五號 (CK.)	95.4	171.2	64.9	16.8	11.6	443.4	33.48	2,963.5	100.00
L.S.D(5%)	10.8	17.4	13.5	1.4	0.9	49.0	5.17	515.4	—
L.S.D(1%)	14.5	21.4	18.1	1.9	1.1	65.6	6.91	689.5	—

* 40株平均 ** 水份含量15.5%。

產量較對照品種臺南五號爲高的單交組合爲3612×3614及3602×3614，前者爲對照品種的110.02%，後者爲其108.45%。不過3612×3614比臺南五號遲六天，株高、果穗高度也比臺南五號爲高。而3602×3610，3602×3612，3606×3610， 3606×3614 四個單交組合產量與臺南五號約略相仿，其中3606×3614較遲，株高也較高。如果將這些高產組合詳加分析，則產量增加似乎以種子粒數增多爲主因，種子重量次之。在 6 個產量較高的交配組合中，有 3 個 (3612×3614，3606×3610，3602×3614) 種子粒數比臺南五號多，而百粒重則與之相似；另外 3 個 (3602×3614，3602×3612，3602×3610) 種子粒數較少，但百粒重則較高。根據此一結果，我們認爲選拔與普通玉米品種產量相等或較高的 opaque-2 玉米雜種確屬可能。 Alexander 等 (1966) 亦有同樣的報告，他們在17個單交中發現有12個單交的產量和普通玉米相似。

2. Floury-2 自交系單交成績

Floury-2 自交系單交的成績如表 7。各交配組合的產量及農藝性狀均有顯著差異。就產量而言，在21個交配組合中，有 4 個交配組合產量比臺南五號為高，其中3702×3712交配組合比臺南五號高出14.54%，3702×3714為9.6%，3702×3704為6.35%，而3706×3712為 2 %；另一交配組合產量和臺南五號相似，其他交配組合都比臺南五號的產量為低。在四個高產交配組合中，株高比臺南五號略高，成熟期相似，種子粒數增加；百粒重在3702×3712，3702×3714較對照品種為大，其他農藝性狀均與之無大差別。

表 7. Floury-2 單交玉米的農藝性狀* (1971春作)

Table 7: The agronomic characters of 21 single crosses of floury-2 corn

交配組合 Cross combination	成熟期 Days to maturity	株高 Pl. height (cm)	果穗高 Ear height (cm)	果穗長 Ear length (cm)	果穗圓周長 Ear circumf. (cm)	種子數 No. of grain/Ear	百粒重** 100 seed wt. (gm)	小區產量** Yield/plot 產量 Yield (gm)	小區產量** Yield/plot 指數 % CK.
3702×3704	99.7	177.7	77.2	14.9	12.1	476.7	33.26	3,093.2	106.35
3702×3706	101.3	201.6	91.5	16.8	11.4	294.3	36.85	2,167.7	74.52
3702×3708	98.0	144.2	54.5	14.6	11.3	318.0	35.77	2,285.1	78.56
3702×3709	98.7	165.8	77.2	13.8	11.4	332.0	32.87	2,187.0	75.19
3702×3712	100.0	165.8	72.0	17.5	12.7	409.3	39.85	3,331.5	114.54
3702×3714	99.0	189.3	85.2	15.8	11.6	424.3	38.19	3,188.3	109.62
3704×3706	100.3	189.3	93.0	16.4	11.7	426.3	33.85	2,828.1	97.23
3704×3708	98.3	148.7	63.3	13.1	12.3	385.0	26.80	2,070.9	71.20
3704×3709	97.7	155.8	67.0	15.0	11.6	378.7	28.18	2,169.8	74.46
3704×3712	98.7	136.0	61.8	13.6	11.3	370.7	30.30	1,961.2	67.42
3704×3714	103.7	149.1	70.2	14.8	11.6	405.3	29.38	2,424.9	83.37
3706×3708	97.7	193.3	90.3	14.4	11.4	327.6	36.78	2,405.8	82.71
3706×3709	99.3	177.8	84.5	14.1	11.3	347.0	32.66	2,434.9	83.71
3706×3712	97.3	190.0	93.8	17.6	12.3	411.3	35.53	2,967.8	102.03
3706×3714	103.7	192.0	100.5	16.2	11.9	415.7	33.64	2,742.2	94.28
3708×3709	94.7	130.8	43.0	10.9	10.1	258.7	29.80	1,567.7	53.90
3708×3712	96.3	142.2	57.2	15.6	11.3	403.7	33.70	2,683.2	92.25
3708×3714	98.0	162.1	70.3	15.2	11.5	400.7	34.17	2,727.0	93.75
3709×3712	97.7	149.2	62.7	13.7	11.0	306.0	31.93	1,987.1	68.32
3709×3714	97.3	143.8	54.2	13.4	12.2	412.3	26.55	2,116.2	72.75
3712×3714	99.7	146.2	70.2	13.7	12.3	376.0	32.74	2,666.6	91.51
臺南五號(Ck)	98.8	166.0	71.2	19.2	12.2	356.1	35.84	2,908.5	100.00
L.S.D(5%)	25.7	15.7	10.8	2.1	1.2	96.7	4.31	511.3	—
L.S.D(1%)	34.4	21.0	14.4	2.8	1.6	118.8	5.76	683.4	—

* 30株平均　　** 水份含量15.5%。

四、摘　要

玉米中 opaque-2 與 floury-2 兩個突變基因，使蛋白質中離胺酸與色胺酸的含量增加，因此使其營養價值提高。目前玉米育種多以改良蛋白質的品質爲主要目標。但在育種過程中發現這兩個突變基因，有減低產量的傾向。本研究乃以美國引進之 opaque-2 及 floury-2 原種，經三次回交於臺灣抗露菌病的 15 個自交系，再經自交分離選拔的 o_2 與 fl_2 系統爲材料，探討 o_2 與 fl_2 基因對玉米粒重及產量的影響。

試驗共分爲三部分：（1）opaque-2 及 floury-2 基因對玉米自交系分離果穗上粒重的影響；（2）opaque-2 基因對玉米單交果穗上粒重的影響；（3） opaque-2 及 floury-2 自交系單交成績。所得結果如下：

（一） Opaque-2 玉米自交系分離果穗上不透明種子（胚乳因子型 $o_2o_2o_2$）的粒重比普通種子（O_2--）平均減低8.65%。不同自交系間，同一自交系不同系統間及同一系統不同果穗間粒重減輕的變異很大，若干系統不透明種子和普通種子的粒重相似；若干系統則粒重減輕達25%之多。變異的情形，在早期自交系（BC_2S_1），自交系間均方比系統間爲大，如回交及自交代數增加（BC_3S_2），則系統間的變異較自交系間的變異爲大。

（二） Floury-2 玉米自交系的分離果穗上，胚乳因子型 $Fl_2fl_2fl_2$ 的種子重量較胚乳因子型 $Fl_2Fl_2Fl_2$ 的重量平均減輕6.28%。不同自交系間及不同系統間粒重差異的變化很大。若干系統，胚乳因子型爲 $Fl_2fl_2fl_2$的種子與普通種子（$Fl_2Fl_2Fl_2$）比較，粒重並不減低，甚至更重，但若干系統則有減輕達 26%者。其變異情形與 opaque-2 基因對粒重的影響相似，均方以自交系內系統間最大，自交系間次之，系統內最小。此一結果使吾人確信嚴格的選拔，可以獲得粒重與普通玉米相似的 opaque-2或 floury-2 自交系統。

（三） Opaque-2 玉米單交植株的果穗上，不透明種子胚乳因子型 $o_2o_2o_2$ 的粒重，平均爲普通種子（$O_2o_2o_2$）的 98.88%，減輕極爲微小。不同交配組合間則有很大差異，在十四個交配組合中，有七個交配組合其不透明種子（$o_2o_2o_2$）比普通種子（$O_2o_2o_2$）爲重，表示獲得高產量的 opaque-2 雜交玉米極具可能。

（四）Opaque-2 自交系十五個單交的初步產量試驗，有兩個組合（3612×3614)及(3602×3614）的產量比對照品種臺南五號，各別增加 10.02%及8.45%，另有四個交配組合和對照品種的產量相似。產量較高的原因，主要在每穗粒數的增加，百粒重與普通子粒相似亦爲原因之一。其他農藝性狀在各組合間亦有很顯著的差異。

（五）Floury-2 玉米單交的產量試驗中，有 4 個交配組合（3702×3704，3702×3714，3702×3712，3706×3712）比對照品種的產量爲高。其中3702×3712的產量超過對照品種14%。不同交配組合間的各個農藝性狀也有很大的差異，且甚顯著。

（六）根據本試驗的結果，吾人可獲得一個結論，即 opaque-2 和 floury-2 基因雖對玉米粒重有減低的傾向，但經由嚴格選拔，育成高產量及高離胺酸的玉米品種，應無困難。

五、參考文獻

1. Alexander, D. E. 1966. Problems associated with breeding opaque-2 corn and some proposed solution. Proc. High Lysine Corn Conf. pp. 143-145.
2. ____________,R. J. Lambert and J. W. Dudley. 1969. Breeding problems and potentials of modified protein maize. I.A.E.A. Research Panel Pub. 212. pp. 55-66.
3. Beeson, W. R., A. Pickett, E.T. Mertz, G.L. Crownwell and O.E. Nelson. 1966. Nutrition value of high lysine corn. Proc. Distiller's Feed Research Council. 21:70-77.
4. Breessani, R. 1966. Protein quality of opaque-2 maize in children. Proc. High Lysine Corn Conf. pp. 34-39.
5. C.I.M.M.Y.T. Annual Report, 1968, 1969, 1970.
6. Clark, H. E., P. E. Allen, S. M. Meyers, S. E. Tukett and Y. Yamamura: 1967. Nitrogen balances of adults consuming opaque-2 maize protein. Amer. Jour. of Clinical Nutrition 20:825-833.
7. Cochran, W. G. and C. M. Cox 1957. Experimental Designs. John Wiley Press.
8. Falconer, D. S. 1960. Introduction to quantitative genetics. The Renold Press.
9. Grogan, C. O., C. A. Francis. 1971. Influence of single recessive endosperm mutants on yield and dry matter distribution in maize. Crop Sci. 11:302-303.
10. Lambert, R. J., D. E. Alexander. 1969. Relative performance of normal and modified protein (opaque-2) maize hybrids. Crop Sci. 9:242-243.
11. Mertz, E. T., L. S. Bates, O. E. Nelson. 1964. Mutant gene changes protein composition and increase lysine content of maize endosperm. Sci. 145: 242-243.
12. ____________.,____________.,____________, and O. A. Veron. 1966. Better protein quality in maize. Adv. Chem. Series. 57:228-242.
13. ____________., O. A. Veron, L. S. Bates and O. E. Nelson. 1965. Growth of rats fed on opaque-2 maize. Sci. 148:741-742.
14. ____________. 1966. Mutant genes that change composition of maize protein. Federation Proc. 25:1676-1678.
15. Nelson, O. E., E. T. Mertz, L. S. Bates. 1965. Second mutant gene affecting the amino acids pattern of maize protein. Sci. 150:1469-1470.
16. Pickett, R. A. 1966. Opaque-2 corn in swine nutrition. Proc. High Lysine Corn Conf. pp. 19-22.
17. Salamini, F., B. Borghi and C. Lorenzoni. 1970. Effect of opaque-2 gene on yield in maize. Euphytica. 19:531-538.
18. Sreemulu C. and L. F. Bauman. 1970a. Effect of out crossing on protein quality, kernel weight and related characters in opaque-2 and floury-2 maize. Crop Sci. 10:235-236.
19. Sreemulu. C., L. F. Bauman. 1970b. Yield components and protein quality of opaque-2 and normal diallels of maize. Crop Sci. 10:262-264.
20. 萬 雄、湯文通、張新吉。1968 玉米蛋白質品質的改良及其營養價值。科學農業16(7—8)：189—196.

English Summary

EFFECTS OF OPAQUE-2 AND FLOURY-2 GENES ON KERNEL WEIGHT OF MAIZE[1]

Hsiung Wan and Soh-Har Wong,[2]

Since the discovery of opaque-2 (Mertz, 1964) and floury-2 (Nelson, 1965) genes in maize, it was generally recognized that these mutant genes could increase the lysine content in maize protein. Feeding experiments by various investigators also proved that the nutritive value of this high lysine corn was improved tremendously. Therefore, breeders all over the world started to initiate breeding programs for high lysine corn. However, there was a setback in the development of high lysine corn because both opaque-2 and floury-2 genes had the effect of yield reduction. The purpose of this investigation is to study the effects of opaque-2 and floury-2 genes on kernel weight of maize bred in Taiwan, and the feasibility of developing high lysine corn with normal yielding ability. There are three items to be studied; 1) the effects of opaque-2 and floury-2 genes on kernel weight of segregating ears of inbreds; 2) the effects of opaque-2 gene on kernel weight in single crosses: 3) yield performance of opaque-2 and floury-2 single crosses.

The opaque-2 and floury-2 inbreds were produced by crossing the opaque-2 and floury -2 stocks introduced from U.S.A. to 15 locally developed downy mildew resistant inbred lines and repeatedly backcrossed (BC_2S_1, BC_3S_3).The results obtained were as follows:

1) On the segregating ears of opaque-2 inbreds, the weight of opaque kernels with endosperm genotype $o_2o_2o_2$ was 8.65% less than that of the normal ones (O_2--). Great variation was observed in the weight reduction of the opaque kernels either between inbreds or between lines, there was less variation within line. It was shown that the variance for weight reduction was larger between lines than between inbreds. The weight reduction was negligible in some lines but up to 25% in others.

2) In floury-2 inbreds, the weight reduction of floury kernels with endosperm genotype $Fl_2fl_2fl_2$ was 6.28% less than that of the normal ones ($Fl_2Fl_2Fl_2$). Significant variation for weight reduction was observed both between inbreds and between lines. The weight of floury kernels in some lines was quite similar to the normal, but the reduction was up to 26% in others.

3) On the ears of opaque-2 single crosses, the weight of 100 opaque kernels ($o_2o_2o_2$)

---

1. Series number 564, Taiwan Agri. Res. Inst., Taipei, Taiwan. Part of a thesis submitted by the junior author in partial fulfillment for the requirements of M.S. degree, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. Financed in part by Taiwan Agri. Res. Center and Chung-Tseng Sci. & Tech. Foundation.

2 Formerly professor and graduate assistant, Department of Agronomy, N.T.U., Taipei, Taiwan, respectively. Presently Director and Research Assistant, Taiwan Agri. Res. Inst., Taipei, Taiwan respectively.

was, in average, 98.88% of the normal ones ($O_2o_2o_2$). The weight reduction was very small. However, the weight of opaque kernels in 7 out of the 14 single crosses was found to be even heavier than that of the normal kernels. These results indicate that there is possibility for developing opaque-2 hybrids with equal or higher yield than the normal.

4) The yield performance of 15 diallel crosses from 6 opaque-2 inbreds showed that there was great variation in yield potential. Among them, two single crosses 3612×3614 and 3602×3614 yielded 10.02% and 8.45% more than the normal check variety, Tainan No.5 respectively. The yield of four other crosses were similar to that of the check. The agronomic characters studied were also showed significant difference among crosses.

5) The yield performance of the floury-2 single crosses showed more promising result. Four crosses 3702 x 3704, 3702 x 3714, 3702 x 3712 and 3706 x 3712 yielded higher than the check with the best cross, 3702 x 3712 out-yielding 14% more. As in the case of opaque-2, there were significant differences among various crosses in most characters studied.

6) Based on the experiment results obtained, it is concluded that opaque-2 and floury-2 genes though may reduce the kernel weight somewhat, can be incorporated into normal corn inbreds in developing high lysine hybrid corn without detriment to the yield if rigid selection with proper breeding materials is practised.